

混炼条件对 HAF 填充型粉末 SBR 混炼性能的影响

张安强, 王炼石, 周奕雨

(华南理工大学 材料学院高分子系, 广东 广州 510640)

摘要: 采用 Brabender 转矩流变仪研究高耐磨炭黑(HAF)填充型粉末 SBR[P(SBR/HAF)] 和块状 SBR(SBR/HAF)在较宽的混炼条件范围内(转速 40~80 r·min⁻¹, 循环油温 50~100 ℃)于密炼机中混炼的流变特性, 讨论了混炼条件对胶料混炼流变性能的影响。结果表明, 在试验的转子转速和循环油温范围内, P(SBR/HAF)比 SBR/HAF 表现出较高的表观剪切粘度, 其对混炼时间的依赖性为 SBR/HAF 的 50%~70%, 但两者对转子转速和循环油温的敏感性相近。

关键词: 高耐磨炭黑; 粉末 SBR; 混炼性能

中图分类号: TQ333.1; TQ330.1⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1000-890X(2002)10-0581-04

在橡胶加工中, 胶料混炼性能除了受其本身的特性如生胶种类、填料含量等的影响外, 还受到混炼条件等工艺因素的影响^[1]。

本工作在对高耐磨炭黑(HAF)和芳烃油等对高耐磨炭黑填充型粉末 SBR[P(SBR/HAF)] 和块状 SBR(SBR/HAF)的混炼流变性能的影响^[2]的研究基础上, 探讨了混炼条件包括转子转速、混炼室循环油温和混炼时间对 P(SBR/HAF)和 SBR/HAF 混炼性能的影响, 得出 P(SBR/HAF)的混炼流变特性。

1 实验

1.1 原材料

实验所用的原材料见参考文献[2]。

1.2 配方

以 SBR/HAF 的加工性能为参考, 以便更好地说明、比较和评价 P(SBR/HAF)的混炼特性。基本混炼配方为: 生胶 100, 氧化锌 5, 硬脂酸 2, 防老剂 4010NA 1。

1.3 设备及试样制备

试验设备及 SBR/HAF 和 P(SBR/HAF)试样制备见参考文献[2]。

1.4 混炼

混炼试验方法见参考文献[2]。混炼循环油温和转子转速是影响橡胶混炼性能的两个重要因素。本次试验中, 研究温度影响时, 转子转速固定为 50 r·min⁻¹, 混炼室循环油温分别为 50, 70, 90 和 100 ℃; 研究转速影响时, 混炼室循环油温固定为 70 ℃, 转子转速分别为 40, 50, 60 和 80 r·min⁻¹。

1.5 性能测定

采用 Brabender 转矩流变仪测得表观剪切粘度 η_a 由下式^[3]确定:

$$\eta_a = Q\tau_a / S$$

式中 Q ——设备因数;
 τ_a ——表观混炼转矩, N·m;
 η_a ——表观剪切粘度, N·m·s⁻¹;
 S ——转子角速度, s⁻¹。

$$S = 2\pi R / 60$$

式中 R 为转子转速(r·min⁻¹)。

从上式可以看出, τ_a / S 与表观剪切粘度 η_a 成正比, 故可以用 τ_a / S 来表征胶料在混炼过程中的表观剪切粘度。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59773010); 广东省自然科学基金资助项目(970554)

作者简介: 张安强(1976-)男, 湖南安仁人, 华南理工大学在读博士研究生, 主要从事橡胶复合材料及轮胎结构设计的研究。

2 结果与讨论

2.1 转子转速的影响

图1和2分别示出了不同转子转速下的P(SBR/HAF)和SBR/HAF的 τ_a/S 与时间 t 的关系曲线。表1是根据图1和2采用最小二乘法拟合得到的不同转子转速下的SBR/HAF和P(SBR/HAF)的 τ_a/S 与 t 的指数关系式。

图3示出了不同混炼时刻的胶料表观剪切粘度(用 τ_a/S 表征)与转子角速度 S 的关系。从图3中可以看出,在试验的转子转速范围内,P(SBR/HAF)具有较高的表观剪切粘度。这是由

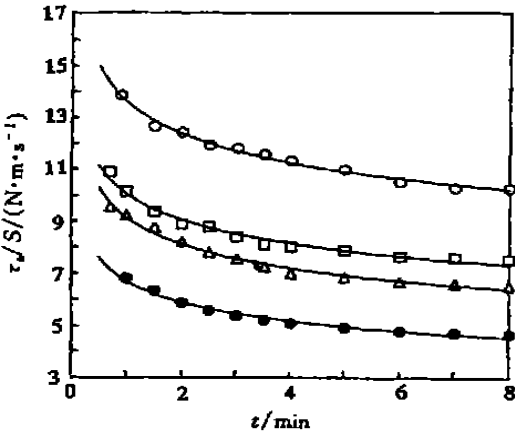


图1 不同转子转速下 P(SBR/HAF)的 $\tau_a/S-t$ 关系曲线

转子转速: $\bigcirc$ —40 r $\cdot$ min $^{-1}$; $\square$ —50 r $\cdot$ min $^{-1}$;
 $\triangle$ —60 r $\cdot$ min $^{-1}$; $\bullet$ —80 r $\cdot$ min $^{-1}$

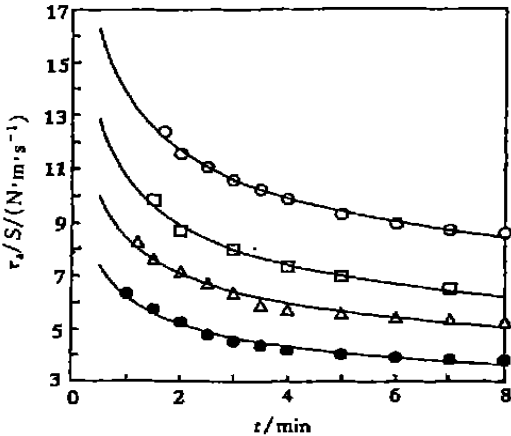


图2 不同转子转速下 SBR/HAF 的 $\tau_a/S-t$ 关系曲线

注同图1

表1 不同转子转速下的 $\tau_a/S-t$ 关系式

转子转速/(r $\cdot$ min $^{-1}$)	$\tau_a/S-t$ 关系式	
	P(SBR/HAF)	SBR/HAF
40	$\tau_a/S = 13.6t^{-0.138}$	$\tau_a/S = 13.8t^{-0.237}$
50	$\tau_a/S = 10.1t^{-0.152}$	$\tau_a/S = 10.7t^{-0.263}$
60	$\tau_a/S = 9.14t^{-0.172}$	$\tau_a/S = 8.41t^{-0.246}$
80	$\tau_a/S = 6.70t^{-0.188}$	$\tau_a/S = 6.20t^{-0.259}$

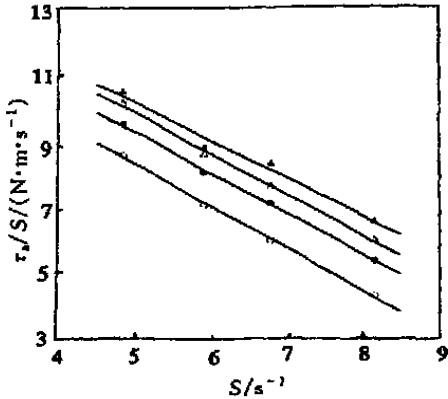


图3 不同混炼时刻 τ_a/S 与转子角速度 S 的关系曲线
 $\blacktriangle$ —P(SBR/HAF), 混炼4 min; $\bullet$ —P(SBR/HAF), 混炼8 min;
 $\triangle$ —SBR/HAF, 混炼4 min; $\bigcirc$ —SBR/HAF, 混炼8 min

于粉末胶粒被高分子树脂包覆剂包覆^[3], 包覆层在混炼过程中被破坏, 并作为树脂组分存在, 从而使得P(SBR/HAF)在混炼过程中表现出较高的表观剪切粘度。

表2是由图3拟合得到的不同混炼时刻的 η_a (用 τ_a/S 表示)与转子角速度 S 的关系式。

表2 不同混炼时刻的 $\tau_a/S-S$ 关系式

混炼时刻/min	$\tau_a/S-S$ 关系式	
	P(SBR/HAF)	SBR/HAF
4	$\tau_a/S = 51.7S^{-1.13}$	$\tau_a/S = 53.9S^{-1.04}$
8	$\tau_a/S = 45.9S^{-1.18}$	$\tau_a/S = 57.7S^{-1.13}$

从图1~3可以看出, τ_a/S 随密炼机转子转速的提高而下降,且在转子转速由40 r $\cdot$ min $^{-1}$ 提高到50 r $\cdot$ min $^{-1}$ 时表现得尤为明显,进一步提高转速后下降趋势变缓。表1和2所示关系式中的系数项表征胶料的最大表观剪切粘度,指数项表征胶料的 $\eta_a(\tau_a/S)$ 对混炼时间 t 或转子角速度 S 的依赖性,指数的绝对值越大表示这种依赖性越大。从表1和2可以看出,P(SBR/HAF)对混炼时间的敏感性为SBR/HAF的60%~70%;而对转子转速的敏感性则略高于SBR/HAF。随着

转子转速增大, 两种胶料的表观剪切粘度在混炼后期对转子转速的敏感性都略有增大。

2.2 混炼室循环油温的影响

Brabender 转矩流变仪的混炼室采用循环油浴加热, 在整个混炼过程中设定油温与循环油温基本相等, 循环油带走胶料在混炼过程中产生的大量热量, 从而较好地模拟了实际密炼机的混炼过程^[1,3,9]。图 4 和 5 分别示出了不同转子转速下的 P(SBR/HAF)和 SBR/HAF 的表观混炼转矩 τ_a 与时间 t 的关系曲线。

表 3 是根据图 4 和 5 拟合得到的不同循环

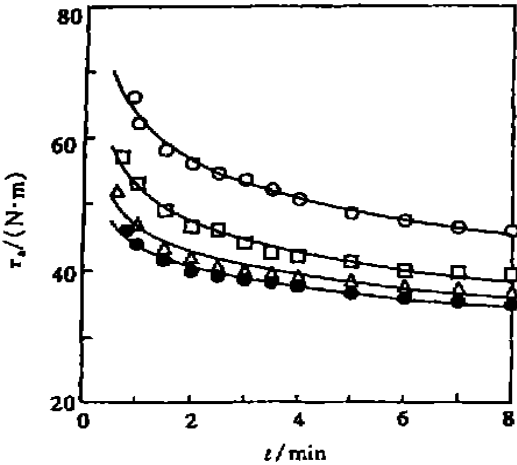


图 4 不同循环油温下 P(SBR/HAF)的 τ_a-t 关系曲线
○—50 °C; □—70 °C; △—90 °C; ●—100 °C

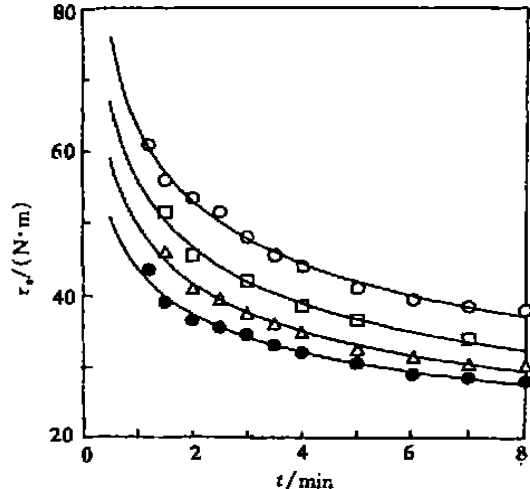


图 5 不同循环油温下 SBR/HAF 的 τ_a-t 关系曲线
注同图 4

表 3 不同循环油温下的 τ_a-t 关系式

循环油温/ °C	τ_a-t 关系式	
	P(SBR/HAF)	SBR/HAF
50	$\tau_a=62.9t^{-0.156}$	$\tau_a=63.4t^{-0.258}$
70	$\tau_a=52.6t^{-0.152}$	$\tau_a=56.0t^{-0.263}$
90	$\tau_a=46.7t^{-0.124}$	$\tau_a=49.6t^{-0.251}$
100	$\tau_a=43.8t^{-0.113}$	$\tau_a=43.6t^{-0.221}$

油温下的 P(SBR/HAF)和 SBR/HAF 的 τ_a-t 关系式。

图 6 示出了不同混炼时刻的表观混炼转矩 τ_a 与循环油温 θ 的关系。从图 6 可以看出, 在试验的循环油温范围内, P(SBR/HAF)具有较高的混炼转矩, 即表现出较高的表观混炼粘度。

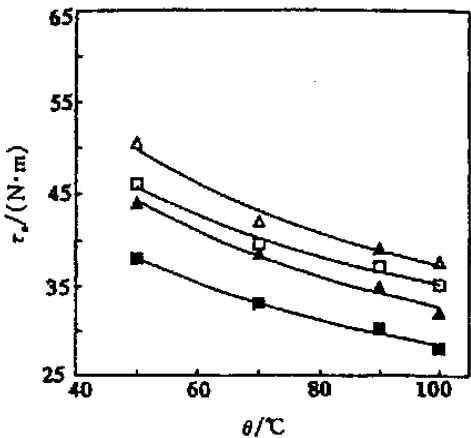


图 6 不同混炼时刻的 $\tau_a-\theta$ 关系曲线
△—P(SBR/HAF), 混炼 4 min; □—P(SBR/HAF), 混炼 8 min;
▲—SBR/HAF, 混炼 4 min; ■—SBR/HAF, 混炼 8 min

由图 6 拟合得到的 $\tau_a-\theta$ 关系式见表 4。

表 4 不同混炼时刻的 $\tau_a-\theta$ 关系式

混炼时刻/min	$\tau_a-\theta$ 关系式	
	P(SBR/HAF)	SBR/HAF
4	$\tau_a=341.5\theta^{-0.477}$	$\tau_a=294.5\theta^{-0.462}$
8	$\tau_a=202.5\theta^{-0.381}$	$\tau_a=57.7\theta^{-0.424}$

从图 4 和 5 及表 4 可以看出, 随着循环油温的升高, SBR/HAF 和 P(SBR/HAF)对混炼时间的敏感性降低, 这是由于循环油温提高后, 在混炼过程中产生的温升对胶料的影响相对降低。在试验的循环油温变化范围内, P(SBR/HAF)的表观剪切粘度(表现为表观混炼转矩 τ_a)对混炼时间的依赖性为 SBR/HAF 的 50%~60%。两种胶料对循环油温的敏感性大致相近, 随着循环油温的上升, 二者的混炼转矩在混炼后期对循环油温

的依赖性都有所降低, 其中 P(SBR/HAF) 的降低幅度相对较大。

3 结论

在试验的转子转速和循环油温范围内, P(SBR/HAF) 和 SBR/HAF 对转子转速和循环油温的敏感性相近, 但 P(SBR/HAF) 表现出较高的表观剪切粘度。在试验的转子转速范围内, P(SBR/HAF) 的表观剪切粘度(表现为表观混炼转矩 τ_a) 对混炼时间的依赖性为 SBR/HAF 的 60%~70%; 在试验的循环油温范围内, P(SBR/HAF) 的表观剪切粘度(表现为表观混炼转矩 τ_a) 对混炼时间的依赖性为 SBR/HAF 的 50%~60%。

参考文献:

- [1] 周彦豪. 聚合物加工流变学基础[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1988. 279-344.
- [2] 张安强, 王炼石, 周奕雨. HAF 填充型粉末丁苯橡胶的混炼流变性能[J]. 橡胶工业, 2002, 49(8): 453-458.
- [3] Goodrich J F, Porter R S. A rheological interpretation of torque rheometer data[J]. Polymer Engineering and Science, 1967, 7(1): 45-51.
- [4] 胡洪军. 炭黑填充型粉末丁苯橡胶的制备与研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2000.
- [5] Gori U, Nordsiek K H, Frankfurt M. Rubber/filler latches in powder form[J]. Kuntschuk Gummi Kunststoffe, 1998, 51(4): 250-258.

收稿日期: 2002-04-30

Effect of mixing conditions on rheological behavior of HAF black filled powdered SBR

ZHANG An-qiang, WANG Lian-shi, ZHOU Yi-yu

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The effect of different mixing conditions (rotor speed; 40~80 r·min⁻¹; temperature of circulating oil; 50~100 °C) on the rheological behavior of HAF black filled powdered SBR [P(SBR/HAF)] was investigated by using Brabender torque rheometer and compared to that of HAF black filled bale SBR (SBR/HAF). It was found from the test results that at above rotor speeds and mixing temperatures, the higher apparent shear viscosity and 30%~50% lower dependence on mixing time were observed for P(SBR/HAF) when compared to those for SBR/HAF, while two kinds of mixes showed similar dependence on rotor speed and mixing temperature.

Keywords: HAF black; powdered SBR; rheological behavior

欢迎订阅 2003 年《再生资源研究》

《再生资源研究》是由中华全国供销合作总社主管, 中国再生资源开发公司、总社再生资源管理办公室、中国再生资源商业行业协会、总社天津再生资源研究所主办, 面向国内外公开发行的综合性技术刊物; 主要宣传国家有关再生资源回收利用的方针、政策, 介绍国内外再生资源(废旧物资)回收、加工利用、垃圾资源化处理等环保产业领域的新技术、新工艺、新设备, 涉及废钢铁、废有色金属

属、废稀贵金属、废塑料、废橡胶、废化纤、废造纸原料、废电池、废旧家电、垃圾处理、废水处理、清洁生产等诸多方面; 国际标准刊号: ISSN 1005-7471, 国内统一刊号: CN 12-1213/N, 双月刊, 大 16 开本, 定价: 6 元/期, 邮发代号: 6-120, 全国各地邮局均可订阅, 也可直接向本刊编辑部订阅。地址: 天津市南开区红旗南路 247 号; 邮编: 300191; 电话: (022) 23366071; 传真: (022) 23610344。